

영자왜 아몰퍼스 자성박막의 인덕턴스효과

Inducance Effects of Zeromagnetostriuctive Amorphous Magnetic Films.

서 강 수 생산기술연구원 산업기술교육센터
임 재 근 극동전문대학 전자통신과
정 승 우 명지대학교 공과대학 대학원 전자공학과
신 용 진 명지대학교 공과대학 전기전자공학부

Kang-Soo Seo Korea Institute of Industrial Technology, Training Center
Jae-Keun Lim Dept. of Electronic Telecommunication, Keuk-dong College
Seung-Woo Chong Dept. of Electronic Engineering, Myong-ji University
Yong-Jin Shin Dept. of Electric & Electronic Engineering, Myong-ji University

Abstract

In this paper, we investigate frequency dependance of inductance effects of FeCoB amorphous magnetic films.

First, amorphous magnetic film having near zero magnetostriction is the basic composition of $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{79}\text{Si}_2\text{B}_{19}$ with $x=0.94, 0.95$ and in order to decrease magnetio-anisotropy, the film was annealed in $280^\circ\text{C}/30\text{min}$, $400^\circ\text{C}/30\text{min}$, $400^\circ\text{C}/1\text{hr}$ with near crystallization temperature under non-magnetic field.

As result of investigation, in case of $x=0.95$ than $x=0.94$, we could have obtained high values, which inductance ratios in the low frequency was 488%. And Quality factor Q was under 0.7 in all sample, in case of annealed in $280^\circ\text{C}/30\text{min}$, we could have obtained highest value, which $x=0.94$ is about 0.62 in $400[\text{kHz}]$, and in case of $x=0.95$ was about 0.35 in $1[\text{MHz}]$.

I. 서 론

자성박막은 1955년 Blois가 Fe-Ni 증착막이 컴퓨터 메모리분야에 유용하다고 제안한 이래, 많은 연구자로부터 연구가 진행되어 왔는데, 그 대다수가 Fe-Ni를 주로한 퍼멀로이에 관한 것이었다¹⁾.

아몰퍼스 금속은 고강인, 고경도 및 저탄성이면서, 전기저항율이 높고, 결정자기이방성이 존재하지

않는 고투자율의 연자성재료이며, 저철손이고, 자왜가 현저하다는 등의 여러 가지 특성을 가지고 있어서, 메모리 재료, 트랜스 재료 및 고성능 자기헤드 등의 응용연구가 활발히 진행되어 그 일부가 이미 실용화되어 있다.^{1,2)}

그리고, 부자왜를 갖는 Co-Si-B 아몰퍼스 와이어는 뱀브(bamb)상의 자구모양을 나타내고, 큰 원주방향 자화성분을 갖기 때문에 통전에 의하여 미

약한 원주 방향 자계의 인가로도 큰 변화율을 갖는 미소 인덕턴스 소자로서 이용된다. 최근 Kawazima 등은 영자왜에 가까운 조성의 아몰퍼스 와이어의 MI 효과를 이용한 소자로서 자기센서를 보고한 바 있다^{2,3)}.

본 연구에서는 위치제어를 위한 정밀계측 자기 센서 개발을 위하여 영자왜재에 가까운 $(\text{Fe}_{0.06}\text{Co}_{0.94})_{79}\text{Si}_{2.0}\text{B}_{19.0}$ 와 $(\text{Fe}_{0.06}\text{Co}_{0.94})_{79}\text{Si}_{2.0}\text{B}_{19.0}$ 의 아몰퍼스 박막을 제작하고, 열처리를 행한 후, 그 자기·인덕턴스효과를 조사하고, 센서소자로서의 가능성을 확인하였다.

II. 실험방법

아몰퍼스 박막은 마그네트론 스파터링장치(ANELVA, SPF-332H)를 사용하여 제작하였다.

스파터링할 때의 주파수는 13.56[MHz]이었고, 챔버 내의 가스는 고순도의 Ar가스(순도 99.995%)를 사용하였다. 그리고, 타겟의 조성은 직경이 10cm인 순도 99.9% Co판과 Fe, Si 및 B을 소편으로 구성하고, 기본조성식은 $(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_{79}\text{Si}_{2.0}\text{B}_{19.0}$ 로 하여, 영자왜재에 가까운 $x = 0.94$ 와 0.95 로 하였다.

그리고, 18×18 [mm] 크기의 유리기판상에 두께 1~4[μm], 직경 14[mm· ϕ]의 원형으로 시료를 제작하였다. 스파터링 시간은 20[min]과 30[min]으로 일정하게 하였다. 그리고 예비 스파터링은 15[min]이상, Ar가스 주입전의 챔버(chamber)의 진공도는 2×10^{-6} [Torr]이하로 하고, 입력전력은 400[W]로 하여 스파터링을 하였다^{4,5)}.

그리고, 박막제작시 내부에 가해지는 응력을 완화하고, 또, 이방성의 저감을 위해서, 결정화온도(360°C)의 부근인 280°C와 400°C에서 열처리를 행하였으며, 인덕턴스는 박막시료에 전류 $i=1$ [mA]를 통전하고, RF LCR(HP-4276, 100Hz~1MHz, HP-4286A, 10Hz)를 이용하여 주파수에 따른 인덕턴스의 변화를 측정하였다. 그림 1은 박막의 자화곡선 측정회로의 개략도를 나타낸 것이다.

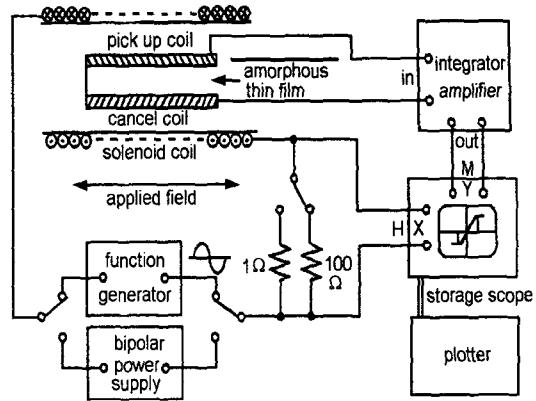


Fig. 1 Measuring circuit of magnetization curve.

III. 실험 및 결과

그림 2는 열처리하지 않은 $(\text{Fe}_{0.06}\text{Co}_{0.94})_{79}\text{Si}_{2}\text{B}_{19}$ 와 $(\text{Fe}_{0.05}\text{Co}_{0.95})_{79}\text{Si}_{2}\text{B}_{19}$ 의 자화곡선이다. 그림으로부터 알 수 있는 바와 같이, Co양의 증가에 따라 부의 자왜가 크게 되어, 이방성이 증가하기 때문에 포화에 요하는 자계가 $(\text{Fe}_{0.06}\text{Co}_{0.94})_{79}\text{Si}_{2}\text{B}_{19}$ 의 시료보다 크게 됨을 알 수 있다.

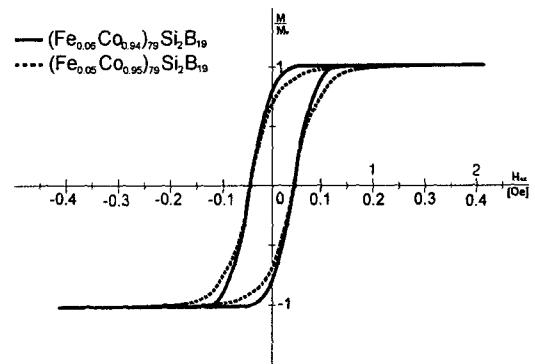


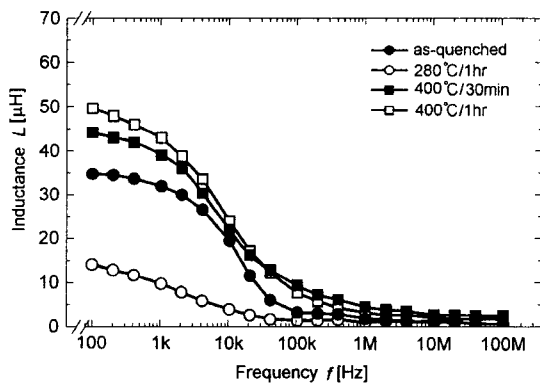
Fig. 2 Magnetization curve.

그림 3은 시료박막의 인덕턴스의 주파수특성을 나타낸 것이고, 표 1은 주파수 100[Hz]에서 측정된 박막의 인덕턴스 L 의 값이다. Takajo 등의 보고에 의하면⁶⁾, 280°C에서 열처리한 시료는 메이즈 자구패턴을 보이고 있기 때문에 정자왜를 갖는 것으로 판단

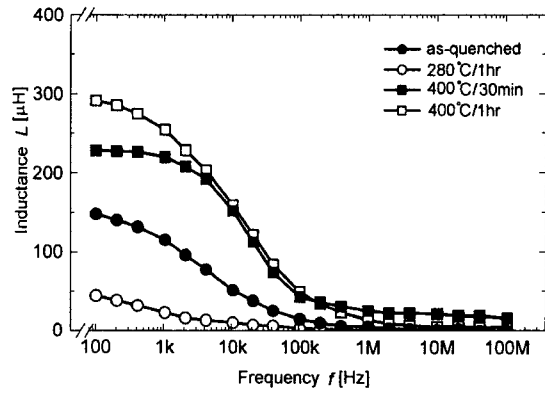
되며, 결정화 온도(360°C)이상에서 열처리하면, 박막 내에 잔류하는 응력이 완화되기 때문에 이방성이 감소하고, 메이즈상의 자구패턴이 무너져 가기 때문인 것으로 추정된다. 또, 큰 인덕턴스 L 은 열처리에 의한 이방성 뿐 만 아니라, 자구구조에도 영향을 받게 되므로, 그림 2에 나타난 바와 같이 $x=0.95$ 의 시료가 이방성이 큰데도, 열처리에 의하여 이방성 저감과 자구패턴의 변화에 의하여 큰 인덕턴스 L 을 나타내었다. 이것은 Takajo 등의 보고와도 일치하고 있다.⁶⁾

Table. 1 Measuring data of inductance.

Freq.	100[kHz]		
	Sample	x=0.94	x=0.95
Temp.			
as-quenched	34.8[μ H]	148.5[μ H]	
280°C/30min	14.1[μ H] (40.5%)	44.6[μ H] (30%)	
400°C/30min	49.7[μ H] (143%)	292.1[μ H] (197%)	
400°C/1hr	44.3[μ H] (127%)	229.1[μ H] (154%)	



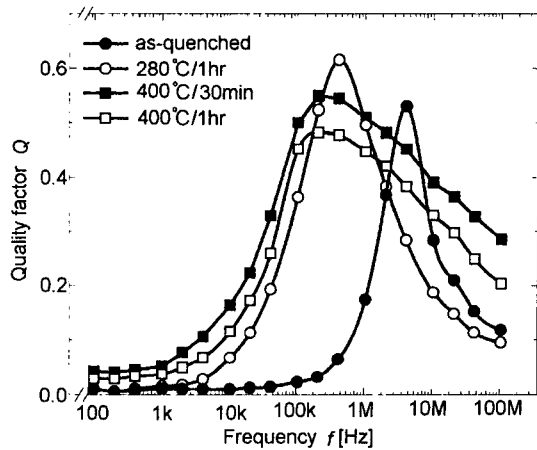
(a) $x=0.94$



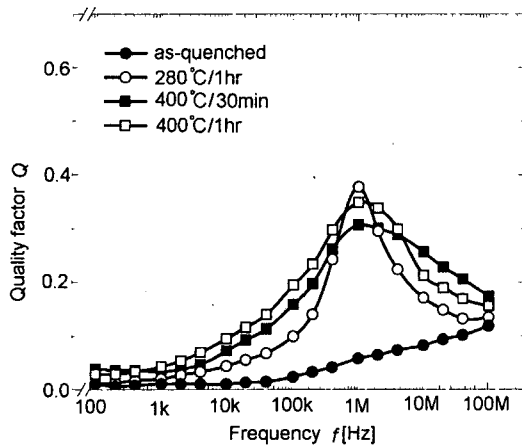
(b) $x=0.95$

Fig. 3 Frequency dependence of inductance.

그림 4는 양질도 Q 의 주파수의존성을 나타낸 것이다. 모든 시료의 Q 값은 0.7이하로서, 280°C에서 30분간 열처리한 경우 $x=0.94$ 인 경우는 400[kHz]에서 약 0.62로 가장 큰 값을 갖지만, $x=0.95$ 인 경우는 1[MHz]에서 약 0.35를 나타내고 있다. 이는 $x=0.94$ 보다 $x=0.95$ 가 열처리에 의하여 자기이방성의 저감과 자기저항의 증가에 의한 것으로 생각된다.



(a) $x=0.94$



(b) $x=0.95$

Fig. 4 Frequency dependence of quality factor Q .

IV. 결 론

이상과 같이, 아몰퍼스 자성박막을 제작하여 그 자기특성과 주파수에 따른 인덕턴스의 변화에 대하여 조사한 결과를 정리하면, 다음과 같다.

- 열처리를 하지 않은 $x=0.94$ 와 0.95 시료의 인덕턴스 L 은 $100[\text{Hz}]$ 에서 각각 $34.8, 148.5[\mu\text{H}]$ 이었으며, 280°C 에서 열처리한 박막에서는 각각 $14.1, 44[\mu\text{H}]$ 로서, 각각 약 60%, 40.5%로 저하하였고, 400°C 에서 열처리한 박막에서는 각각 $49.7, 292.1[\mu\text{H}]$ 로서 각각 약 143, 197%의 증가율을 얻었다.

- $400^\circ\text{C}/30\text{min}$ 로 열처리했을 때, $x=0.95$ 인 경우는 $x=0.94$ 인 경우보다 인덕턴스의 변화율이 488%로 개선됨을 알 수 있었다.

- 시료의 Q 값은 모두 0.7이하로서, 280°C 에서 30분간 열처리한 경우 $x=0.94$ 인 경우는 $400[\text{kHz}]$ 에서 약 0.62의 값을 갖지만, $x=0.95$ 인 경우는 $1[\text{MHz}]$ 에서 약 0.35를 나타내었다.

따라서, 영자왜 아몰퍼스 시료 자성박막이 MI소자로서의 가능성을 갖추고 있음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- 鶴岡 誠外 2人 ; "高飽和磁束密度Co-Zr-Pd及びCo-Hf-Pd系アモルファス膜の磁氣特性", 日本應用磁氣學會誌, 11, (2) 307 (1987)
- 竹澤昌晃 外 6人 ; "LC共振を利用した高感度薄膜磁氣センサの可能性", 日本應用磁氣學會誌, 21, 661 (1997)
- 川島, 光澤, 吉田, 毛利, L.V.Panina ; "アモルファス磁性ワイヤの磁氣インダクタンス効果とMI素子", 日本應用磁氣學會誌, 17, 423 (1993)
- 山下愼次, 山崎二郎, 池田滿召, 岩測憲昭 ; "Nd-Fe-Bスパッタリング異方性薄膜磁石", 日本應用磁氣學會誌, 15, (2), 241 (1991)
- K.Mohri ; "Re-entrant Magnetic Flux Reversal in Amorphous Wires", IEEE Trans. Magn., MAG-20, 942 (1984)
- 高城 實, 山崎二郎, 小笠原 勇, 八木正昭 ; "アモルファスワイヤの通電によるインダクタンスの高周波特性", 日本應用磁氣學會誌, 18, (2) 469 (1994)